

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-172900

(43)Date of publication of application : 26.06.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 9/00

(21)Application number : 08-342550

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 06.12.1996

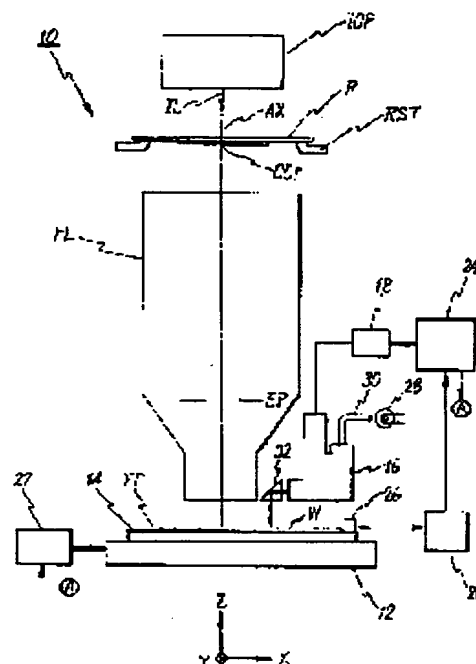
(72)Inventor : MIZUTANI SHINJI

(54) EXPOSURE APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To keep high throughput and also maintain precise alignment accuracy even when foreign particles, etc., adhere to a surface of a photosensitive substrate.

SOLUTION: An alignment sensor with a detection area equal to an alignment mark on a wafer W and a focus sensor for detecting defocus in the area by illuminating the area are built in a sensor unit 16. The sensor unit 16 measures the out-of-focus for detection of the alignment. In a main control device 24, a shot arrangement of the wafer W is computed by EGA (Enhanced Global Alignment), so called, using only the measurement result of mark positions with the defocus within the prescribed range. The exposure position of a shot area is determined to expose a reticle pattern.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

★NIKR D4 U11 U14

98-419675/36

★JP 10172900-A

Exposure system e.g. for semiconductor device, LCD element manufacture - has computing unit which calculates area of multiple shot arrays on substrate, based on shot area designing data and detected focus offset

NIKON CORP 96.12.06 96JP-342550

P84 (98.06.26) II01L 21/027, G03F 9/00

The system (10) includes a mark position detector (16) which detects position of an alignment mark formed in detection area of the substrate (W). Light beam is incident on the detection area of the substrate and the intensity of reflected light is detected for measuring focus offset.

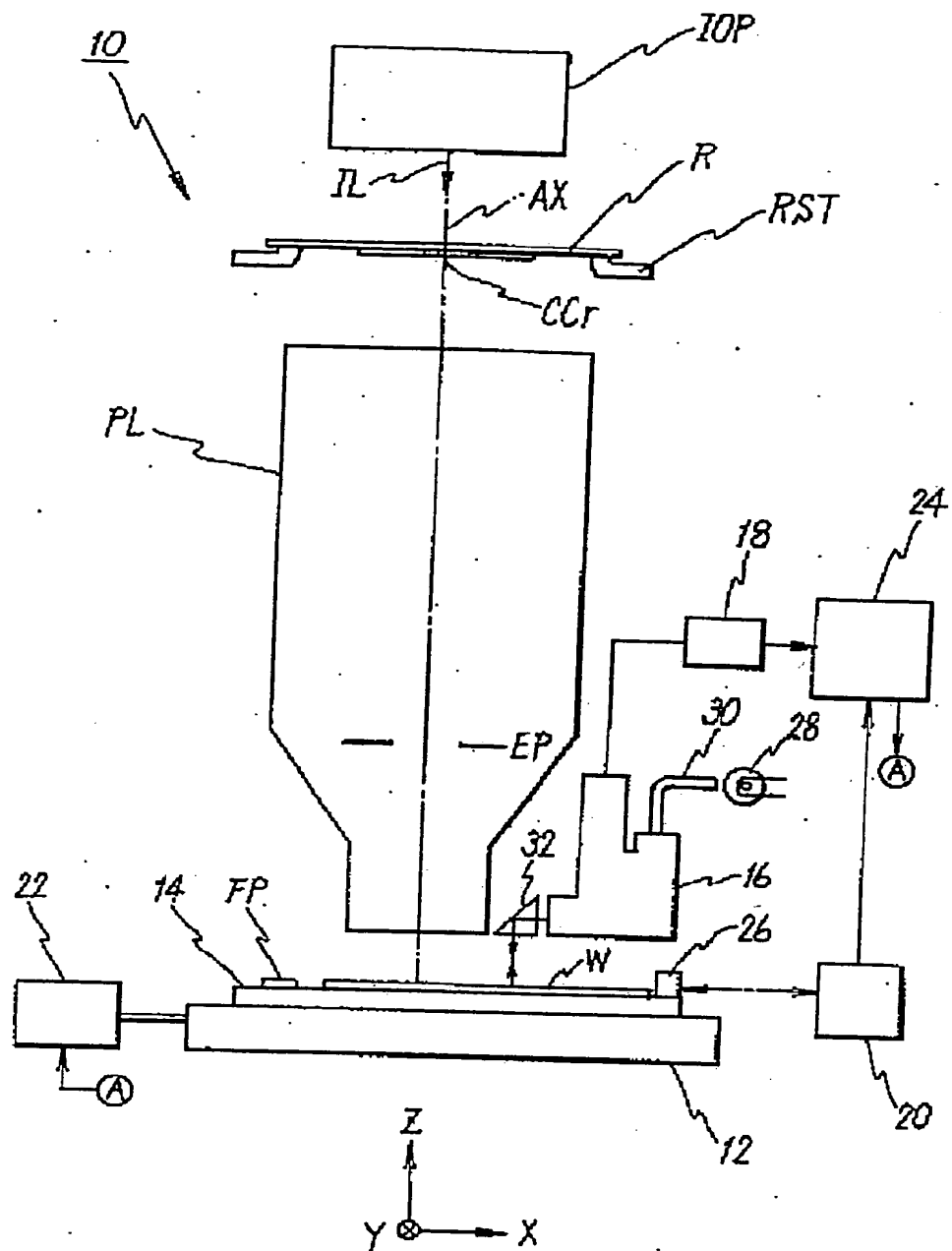
Based on detected offset amount, direction of optical axis is adjusted. A computing unit calculates area of multiple shot arrays on the substrate based on shot area designing data and detected focus offset.

USE - In e.g. photolithography process.

ADVANTAGE - Improves through-put. Enables detection of focal offset of alignment mark, correctly. (11pp Dwg.No.1/7)

N98-327405

U11-C04E1 U14-K01A5



(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 2 5 E

G 0 3 F 9/00

G 0 3 F 9/00

H

H 0 1 L 21/30

5 2 5 R

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平8-342550

(22) 出願日

平成8年(1996)12月6日

(71) 出願人

000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者

水谷 真士

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人

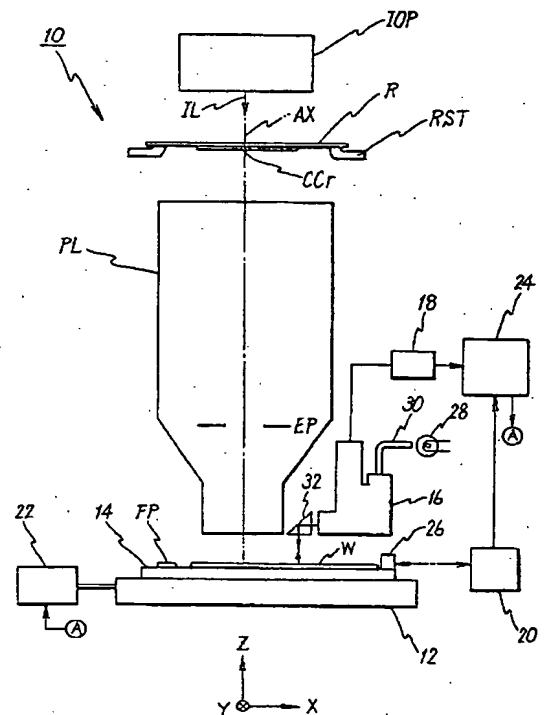
弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 露光装置

(57) 【要約】

【課題】 スルーputを高く維持するとともに、感光基板表面に異物等が付着した場合にも重ね合わせ精度を高精度に維持する。

【解決手段】 センサユニット16内には、ウエハW上のアライメントマークと同等の検出領域を持つアライメントセンサ及びこの領域に光束を照射して該領域のフォーカスずれを検出するフォーカスセンサが内蔵されている。そして、センサユニット16により、アライメントマークの検出に際しフォーカスずれを計測し、主制御装置24では、フォーカスずれが所定範囲内のマーク位置の計測結果のみを用いていわゆるEGAによりウエハW上のショット配列を演算し、この配列に基づいてショット領域の露光位置への位置決めを行ないながら、レチクルパターンを露光する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 感光基板を所定の露光位置に順次位置決めしつつ、マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して前記感光基板上の複数のショット領域に順次露光する露光装置であって、

前記感光基板上の各ショット領域に付設された位置合わせ用マーク領域と同程度の検出領域を有し、前記検出領域内に位置する位置合わせ用マークの位置を検出するマーク位置検出手段と；前記検出領域に光ビームを照射しその反射光を受光することにより、その領域の合焦点に対するずれを検出するとともに、そのずれ量に基づいて前記感光基板の光軸方向の位置を調整する合焦手段と；前記合焦手段で検出されたずれ量が所定範囲内にある、前記マーク検出手段により合焦状態にて検出された位置合わせ用マークの位置の検出結果のみを用い、当該検出結果と設計上のショット領域の配列データとに基づいて前記感光基板上の前記複数ショット領域の配列を最小自乗法を用いた統計処理により演算する演算手段とを有する露光装置。

【請求項2】 前記合焦手段は、前記光ビームの照射及びその反射光の受光を前記マーク位置検出手段と同一の対物光学系を介して行なうことを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】 前記合焦手段は、前記反射光を受光する際に該反射光のテレセントリック性を崩す光学部材を有することを特徴とする請求項1又は2に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置に係り、更に詳しくは、例えば半導体素子や液晶表示素子等の製造のためのフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトマスク又はレチクル等（以下、「レチクル」と総称する）のパターンの像を投影光学系を介して感光材が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、「ウエハ」と総称する）上の各ショット領域に投影する投影露光装置が使用されている。この種の投影露光装置として近年は、ウエハを2次元的に移動自在なステージ上に載置し、このステージによりウエハを歩進（ステップング）させて、レチクルのパターンの像をウエハ上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、所謂ステップ・アンド・リピート方式の露光装置、特に、縮小投影型の露光装置（ステッパー）が比較的多く用いられている。

【0003】例えば、半導体素子はウエハ上に多数層の回路パターンを重ねて露光することにより形成される。そして、2層目以降の回路パターンをウエハ上に投影露

光する際には、ウエハ上の既に形成された回路パターンとレチクルのパターンの像との位置合わせ、即ちウエハとレチクルとの位置合わせ（アライメント）を精確に行う必要がある。このアライメントのためにウエハ上には既存の回路パターンと共に位置検出用のマーク（アライメントマーク）が形成されており、このマークをアライメントセンサにより位置検出することで回路パターンの位置を正確に認識することができる。

【0004】ウエハが載置されるステージ（以下、「ウエハステージ」と称する）の位置は、レーザ干渉計を用いて精密に計測され、アライメント時のステージの位置を正確に計測すると共に、ウエハ上の各ショット領域を正しく露光位置に合わせるようにステージ位置を合わせ込んで、重ね合わせ露光が行われる。

【0005】また、従来の露光装置には、露光フィールドサイズ程度の範囲でフォーカス計測（ウエハ表面の投影光学系の光軸方向位置の計測）を行い、その範囲の平均的なフォーカス位置にウエハ表面の光軸方向位置を調整するオートフォーカス装置が装備されていた。このオートフォーカス装置によるフォーカス計測結果を用いればウエハ等の被露光基板の平面度測定を行なうことが可能であった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、露光及びその後のプロセス等によりウエハの表面の荒れの程度は変化し、また、ウエハ上の層（レイヤ）によってアライメントマーク（ウエハマーク）と周辺の下地との段差が異なる場合があるため、アライメントマークの位置を正確に検出してアライメントを正確に行なうためには、アライメントセンサの検出領域をその対物レンズの焦点面に一致させる（焦点合わせする）必要があった。

【0007】しかしながら、露光フィールドサイズ程度の範囲でフォーカス計測を行い、露光フィールドの平均的なフォーカス位置にフォーカス調整される上記従来のオートフォーカス装置にあっては、アライメントセンサによる検出領域程度の微小領域での真のデフォーカス量を計測してこの微小領域の焦点調整を正確に行なうことは困難であった。

【0008】また、ステップ・アンド・リピート方式（又はステップ・アンド・スキャン方式）の露光装置では、レチクルのパターンの投影像とウエハ上のショット領域のチップパターンとの位置合わせを行なうため、例えば特開昭61-44429号等に開示されるような、ウエハ上の特定の複数のショット（サンプルショット）に付設されたアライメントマークの位置をアライメントセンサを用いて計測し、この実測値と各ショット配列の設計値とに基づいて最小自乗法を用いた統計処理によりウエハ上の全てのショット配列座標を求めるエンハンスト・グローバル・アライメント（以下「EGA」という）が採用される場合が多い。

【0009】しかしながら、前述したように従来のオートフォーカス装置ではアライメントセンサによる検出領域程度の微小領域での真のデフォーカス量を計測してこの微小領域の焦点調整を正確に行なうことは困難であったことから、その表面に塵等の異物が付着したアライメントマーク領域や、ウエハ表面の荒れのためアライメントマーク領域内の各マーク間（マルチマークの場合）に著しい段差が生じているショット領域を上記サンプルショットとして選択する等の不都合が生じるおそれがあり、かかる場合にアライメントマークの位置計測誤差が発生し、結果的にEGAにより求められるショット配列座標に誤差が発生するという不都合が合った。

【0010】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1ないし3に記載の発明の目的は、スループットを高く維持出来るとともに、感光基板表面に異物等が付着した場合にも重ね合わせ精度を高精度に維持することができる露光装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、感光基板（W）を所定の露光位置に順次位置決めしつつ、マスク（R）に形成されたパターンの像を投影光学系（PL）を介して前記感光基板（W）上の複数のショット領域（SA）に順次露光する露光装置であって、前記感光基板（W）上の各ショット領域に付設された位置合わせ用マーク領域と同程度の検出領域（86B、86C）を有し、前記検出領域（86B、86C）内に位置する位置合わせ用マーク（90X、90Y）の位置を検出するマーク位置検出手段（30～66、68X、68Y、18）と；前記検出領域（86B、86C）に光ビームを照射しその反射光を受光することにより、その領域の合焦面に対するずれを検出するとともに、そのずれ量に基づいて前記感光基板（W）の光軸方向（Z方向）の位置を調整する合焦手段（32、38～52、70から78、14、22、24）と；前記合焦手段で検出されたずれ量が所定範囲内にある、前記マーク検出手段により合焦状態にて検出された位置合わせ用マークの位置の検出結果のみを用い、当該検出結果と設計上のショット領域の配列データとに基づいて前記感光基板上の前記複数ショット領域の配列を最小自乗法を用いた統計処理により演算する演算手段（24）とを有する。

【0012】これによれば、露光に先立って、感光基板上の各ショット領域に付設された位置合わせマーク領域がマーク位置検出手段の検出領域に位置決めされる度毎に、その位置合わせマークの位置が順次マーク位置検出手段によって検出される。この検出の都度検出に先立って、合焦手段では前記検出領域に光ビームを照射しその反射光を受光することにより、その領域の合焦面に対するずれを検出し、そのずれ量に基づいて感光基板の光軸方向の位置を調整する。すなわち、合焦手段により感光基板表面の位置が調整され合焦状態にて各ショット領域

に付設された位置合わせ用マークの位置が検出される。

【0013】そして、演算手段では、合焦手段で検出されたずれ量が所定範囲内にある、マーク検出手段により合焦状態にて検出された位置合わせ用マークの位置の検出結果のみを用い、当該検出結果と設計上のショット領域の配列データとに基づいて感光基板上の複数のショット領域の配列を最小自乗法を用いた統計処理により演算する。

【0014】このため、塵等の異物が付着して合焦手段で検出されたずれ量が所定範囲外となる位置合わせ用マークの位置の検出結果はショット配列の演算の基礎データから除外され、異物の付着等がなく、合焦手段で検出されたずれ量が所定範囲内となる位置合わせ用マークの位置の検出結果のみがショット配列の演算の基礎データとなるので、演算手段により演算されたショット領域の配列は異物の付着等に起因する誤差のない正確なものとなる。

【0015】そして、この演算されたショット領域の配列データに基づいて、感光基板が所定の露光位置に順次位置決めされ、マスクに形成されたパターンの像が投影光学系を介して感光基板上の複数のショット領域に順次露光される。

【0016】従って、各ショット領域の露光の度毎に位置合わせ用マークの位置検出を行なういわゆるダイ・バイ・ダイ方式の場合等に比べて高いスループットを維持しつつ、感光基板表面に異物等が付着した場合にも重ね合わせ精度を高精度に維持することが可能になる。

【0017】この場合において、①予め特定の複数ショットの位置合わせ用マークを検出対象として決め、この特定の複数ショットの位置合わせ用マークについて合焦状態で位置検出を順次行い、この中で焦点ずれ量が所定範囲内となる位置合わせ用マークの検出結果のみを用いてショット領域の配列を最小自乗法を用いた統計処理により演算するようににしても良いが、これに限らず②予め特定の複数ショットの位置合わせ用マークを検出対象として決め、この検出対象の位置合わせ用マークについて（あるいは任意のショット領域の位置合わせ用マークについて）合焦手段により検出された焦点ずれ量が所定範囲内となった場合のみ、合焦状態でその位置検出を順次行い、その位置検出結果が所定数に達した段階で当該位置検出結果を用いてショット領域の配列を最小自乗法を用いた統計処理により演算するようにしても良い。

【0018】上記①の場合には、焦点ずれ量が所定範囲であるか否かを位置検出の際に判断することなく、（感光基板の移動→焦点位置合わせ（合焦）→位置検出）という処理の繰り返しにより位置合わせマークの位置検出シーケンスを構成することができ、制御内容が比較的簡単である反面、検出対象となる位置合わせ用マーク数を幾分多めに設定する必要がある、また、その検出対象として決められた位置合わせ用マークの全てについて計測

がなされるので、計測に時間を要するという特徴がある。一方、上記②の場合には、焦点ずれ量が所定範囲であるか否かを各位置合わせ用マークの位置検出の際に判断する必要があるため、感光基板の移動→焦点ずれ量の検出→焦点ずれ量が所定範囲内にあるか否かの判断→焦点位置合わせ（合焦）→位置検出という処理の繰り返しとなるため、①に比べて制御内容が幾分複雑になるが、位置合わせ用マークの位置検出結果が所定数に達した段階で計測を終了することができるので、計測時間が殆どの場合①より短くなり、スループットの向上を期待できるという特徴がある。

【0019】この場合において、マーク位置検出手段と合焦手段とは検出領域を一致させることができれば、それぞれの検出光学系の対物レンズは別々でも構わないが、請求項2に記載の発明の如く、前記合焦手段は前記光ビームの照射及びその反射光の受光を前記マーク位置検出手段と同一の対物光学系（48）を介して行なうようにしても良い。このようにする場合には、対物光学系の結像特性が変化しても、これに影響されることなく、位置合わせ用マーク領域の焦点ずれの検出を正確に行なうことが可能となる。

【0020】また、合焦手段の検出光学系は、マーク位置検出手段の検出領域に光ビームを照射しその反射光を受光することにより、その領域の合焦面に対するずれを検出することができれば、どのような構成のものでも構わないが、請求項3に記載の発明の如く、合焦手段は、反射光を受光する際に該反射光のテレセントリック性を崩す光学部材（76）を有していても良い。この場合には、その光学部材を所定の面に配置するという簡単な構成で位置合わせ用マーク領域の焦点ずれ（高さ方向の変位）を再結像された像の横ずれに変換して検出することが可能となる。ここで、反射光のテレセントリック性を崩す光学部材としては、瞳制限用に瞳面に配置された遮光板や、いわゆる瞳分割フィルタ等を用いることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1ないし図7に基づいて説明する。

【0022】図1には、一実施形態に係る露光装置10の概略構成が示されている。この露光装置10は、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置（いわゆるステッパー）である。

【0023】この露光装置10は、マスクとしてのレチクルRを露光用照明光で照明する照明系IOPと、レチクルRを保持するレチクルステージRSTと、レチクルRに形成されたパターンの像を感光基板としてのウエハW上に投影する投影光学系PLと、この投影光学系PLの下方で基準平面（図1のXY平面）内を2次元移動可能なXYステージ12と、このXYステージ12上に搭載されウエハWを保持してXY平面に直交するZ軸方向

に微小範囲（例えば $100\mu\text{m}$ の範囲）内で移動可能で微小角度範囲内で回転可能な試料台14と、ウエハWに形成された位置検出マークとしてのアライメントマーク（ウエハマーク）を検出するオフ・アクシス方式のアライメントセンサとフォーカスセンサとが一体化されたセンサユニット16と、このセンサユニット16からの出力信号に基づいて、後述するようにして焦点位置とアライメントマークの位置を算出するアライメント制御ユニット18と、試料台14のXY平面内の位置を計測するレーザ干渉計20と、XYステージ12及び試料台14をそれぞれの移動方向に駆動する駆動系22と、装置全体を統括的に制御するマイクロコンピュータ（又はミニコンピュータ）から成る主制御装置24とを備えている。

【0024】照明系IOPは、光源（水銀ランプ又はエキシマレーザ等）とフライアイレンズ、リレーレンズ、コンデンサレンズ等から成る照明光学系とから構成される。この照明系IOPは、光源からの露光用の照明光ILによってレチクルRの下面（パターン形成面）のパターンCCrを均一な照度分布で照明する。ここで、露光用照明光ILとしては、水銀ランプのi線等の輝線、又はKrF、ArF等のエキシマレーザ光等が用いられる。

【0025】レチクルRは、レチクルステージRST上に例えば真空吸着により固定されており、このレチクルステージRSTは、不図示の駆動系によってX方向（図1における紙面左右方向）、Y方向（図1における紙面直交方向）、及び θ 方向（XY平面内の回転方向）に微小駆動可能とされている。これにより、このレチクルステージRSTは、レチクルRのパターンCCrの中心（レチクルセンタ）が投影光学系PLの光軸とほぼ一致する状態でレチクルRを位置決め（レチクルアライメント）できるようになっている。図1では、このレチクルアライメントが行われた状態が示されている。

【0026】前記投影光学系PLは、その光軸AXがレチクルステージRSTの移動面に直交するZ軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックで、所定の縮小倍率 β （ β は例えば $1/5$ ）を有するものが使用されている。このため、後述するようにレチクルのパターンCCrとウエハW上のショット領域との位置合わせ（アライメント）が行われた状態で、照明光ILによりレチクルRが均一な照度で照明されると、パターン形成面のパターンCCrが投影光学系PLにより縮小倍率 β で縮小されて、フォトリソグが塗布されたウエハW上に投影され、ウエハW上の各ショット領域にパターンの縮小像が形成される。

【0027】前記XYステージ12は、実際には、不図示のベース上をY方向（図1の紙面直交方向）に移動するYステージと、このYステージ上をX方向（図1の紙面左右方向）に移動するXステージとから構成されてい

10

20

30

40

50

るが、図1では、これらが代表してXYステージ12として図示されている。

【0028】このXYステージ12上に試料台14が搭載され、駆動系22によってZ軸方向及び θ 方向（Z軸回りの回転方向）に微少駆動されるようになっている。この試料台14上に、不図示のウエハホルダを介してウエハWが吸着固定されている。

【0029】試料台14の上面には、移動鏡26が設けられており、この移動鏡26にレーザビームを投射してその反射光を受光することにより、試料台14のXY面内の位置を計測する前記レーザ干渉計20が移動鏡26の反射面に対向して設けられている。なお、移動鏡は、実際にはX軸に直交する反射面を有するX移動鏡と、Y軸に直交する反射面を有するY移動鏡とが設けられ、これに対応してレーザ干渉計もX方向位置計測用のXレーザ干渉計とY方向位置計測用のYレーザ干渉計とが設けられているのであるが、図1ではこれらが代表的に移動鏡26、レーザ干渉計20として図示されている。従って、以下の説明ではレーザ干渉計20によって、試料台14のXY座標が計測されるものとする。

【0030】試料台14上には、その表面がウエハWの表面と同じ高さになるように基準板FPが固定されている。この基準板FPの表面には、ベースライン計測（投影光学系PLの光軸AXとセンサユニット16を構成するアライメントセンサ（これについては後述する）の検出中心との間隔の計測）等に用いられる基準マークを含む各種の基準マークが形成されている。

【0031】レーザ干渉計20の計測値が主制御装置24に供給されており、主制御装置24ではこのレーザ干渉計20の計測値をモニタしつつ駆動系22及びXYステージ12を介して試料台14をXY2次元方向に位置決めする。この他、不図示の斜入射光式のフォーカスセンサ（露光フィールドサイズ程度の範囲でフォーカス計測を行い、露光フィールドの平均的なフォーカス位置にフォーカス調整を行なうためのもの）の出力も主制御装置24に供給されており、主制御装置24では露光時にはこの斜入射光式のフォーカスセンサの出力に基づいて駆動系22を介して試料台14をZ方向（フォーカス方向）に駆動する。すなわち、このようにして試料台14を介してウエハWがX、Y、Zの3軸方向に位置決めされる。

【0032】また、本実施形態では、主制御装置24は、後述するアライメント制御ユニット18からの焦点位置情報に基づいて試料台14のZ駆動量を制御してセンサユニット16を構成する後述するアライメントセンサの対物レンズに対する焦点合わせを行う。更に、主制御装置24は、アライメント制御ユニット18で検出されたウエハマーク（アライメントマーク）の位置情報に基づいて、駆動系22の動作を制御してXYステージ12をステッピング駆動することにより、ウエハWの各シ

ョット領域の中心を投影光学系PLの光軸AXに合わせ込んで、レチクルRのパターンを露光する。この露光時の動作については、後に詳述する。

【0033】前記センサユニット16は、投影光学系PLの側方に設けられており、このセンサユニット16は、オフ・アクシス方式のアライメントセンサとフォーカスセンサとが一体化されて構成されている。そして、このセンサユニット16内に、外部のハロゲンランプ28から光ファイバ30を介して照明光が導かれ、センサユニット16からの各種光束がプリズムミラー32を介してウエハW上に照射されると共に、ウエハWからの反射光がプリズムミラー32を介してセンサユニット16に戻されている。また、センサユニット16からの各種検出信号がアライメント制御ユニット18に供給されている。

【0034】次に、センサユニット16を構成するアライメントセンサ及びフォーカスセンサについて図2に基づいて詳細に説明する。図2には、アライメントセンサ及びフォーカスセンサから成るセンサユニット16の内部構造が示されている。

【0035】アライメントセンサとしては、ここではFIA（Field Image Alignment）方式のアライメントセンサが用いられている。このアライメントセンサは、光ファイバ30、コンデンサーレンズ34、視野絞り板36、ダイクロイックミラー38、レンズ系40、ビームスプリッタ42、プリズムミラー44、46、対物光学系としての対物レンズ48、レンズ系50、ダイクロイックミラー52、ミラー56、指標板58、撮像用のリレーレンズ60、ミラー62、リレーレンズ64、ビームスプリッター66、2次元CCD等からなるX軸用の2次元撮像素子68X及びY軸用の2次元撮像素子68Y等から構成されている。

【0036】ここで、このアライメントセンサの構成各部についてその作用とともに説明する。

【0037】光ファイバ30からはウエハW上のフォトレジストに対して非感光性のブロードバンドの照明光L3が射出され、この照明光L3はコンデンサーレンズ34を介して視野絞り板36を均一な照度で照明する。視野絞り板36で制限された照明光はダイクロイックミラー38で反射され、レンズ系40を通過してビームスプリッタ42に入射する。このビームスプリッタ42で反射によって分割された照明光は、プリズムミラー44及びプリズムミラー46で順次反射された後、対物レンズ48、及びプリズムミラー32を介してウエハW上の所定領域を照明する。ここで、図2ではこの所定領域内にウエハマークが存在するものとする。

【0038】このウエハ用の照明送光路において、視野絞り板36はレンズ系40と対物レンズ48との合成系に関してウエハWと共役（結像関係）になっている。また、その視野絞り板36を通過した照明光L3がアライ

メント系（F I A系）の照明光であり、F I A系によるウエハWに対する照明領域は視野絞り板 3 6 に形成された開口形状及び寸法で一義的に定まる。

【0039】そして、光ファイバ30からの照明光の中で、ウエハWで反射された光（正規反射光、散乱光等）は、プリズムミラー32、対物レンズ48、プリズムミラー46及び44を経てビームスプリッタ42に戻り、このビームスプリッタ42を透過した光（戻された光の約1/2）が、レンズ系50及びダイクロイックミラー52を透過して検出光学系としてのF I A系の検出部54に向かう。この検出部54において、ダイクロイックミラー52からの光が、ミラー56を介して指標板58上にウエハマークの像を結像する。この像、及び指標板58上の指標マークからの光が、撮像用のリレーレンズ60、ミラー62、リレーレンズ64及びビームスプリッター66を介して、それぞれ2次元CCD等からなるX軸用の2次元撮像素子68X、及びY軸用の2次元撮像素子68Yの撮像面にウエハマーク及び指標マークの像を結像する。

【0040】ここで、指標板58は、合焦状態では、対物レンズ48とレンズ系50との合成系に関してウエハWの露光面と共役に配置され、更に指標板58と各撮像素子68X、68Yの撮像面とはリレーレンズ系60、64に関して互いに共役に配置される。指標板58は透明板の上にクロム層等で指標マークを形成したものであり、ウエハマークの像が形成される部分は透明部のままである。また、指標マークは、ウエハW上のX方向と共役な方向の位置基準となるX軸の指標マーク、及びY方向と共役な方向の位置基準となるY軸の指標マークより構成される。撮像素子68X、68Yは、X軸のウエハマーク及びY軸のウエハマークの少なくとも一方と指標マークの像とを撮像し、撮像素子68X及び68Yの撮像信号を処理することにより、それぞれX軸のウエハマークのX座標（指標中心を基準とする相対位置）、及びY軸のウエハマークのY座標（指標中心を基準とする相対位置）が求められる。なお、実際には指標板58を独立に照明するための照明系が別途設けられているが、図2では省略してある。

【0041】この場合、プリズムミラー46よりもウエハW側の対物レンズ48及びプリズムミラー32を共通対物系と呼ぶ。この共通対物系は、本実施形態のF I A系のアライメントセンサ及びフォーカスセンサに共通に使用されている。共通対物系及びミラー56以降のF I A系の検出部54の各レンズは光軸AXaに沿って同軸に配置されている。

【0042】次に、センサユニット16を構成するフォーカスセンサについて説明する。

【0043】このフォーカスセンサは、フォーカスセンサ用のLED（又はレーザダイオード）等の光源70、集光レンズ72、スリット板74、ダイクロイックミラ

ー38、レンズ系40、ビームスプリッター42、プリズムミラー44、46、対物レンズ48、レンズ系50、ダイクロイックミラー52、瞳制限用の遮光板76及び1次元CCD等からなるラインセンサ78等を含んで構成されている。

【0044】ここで、このフォーカスセンサの構成各部について、その作用とともに説明する。

【0045】光源70から射出された検出光Mが集光レンズ72を介してスリット板74を照明する。このスリット板74には、対物レンズ48の観察視野内に設定されるアライメントセンサの検出領域の数と同数の焦点検出用パターンが形成されている。スリット板74の焦点検出用パターンを通過した検出光Mは、ダイクロイックミラー38を透過した後、レンズ系40を介してビームスプリッター42に向かう。ここで、検出光Mとしては、ウエハW上のフォトレジストに対して非感光性の波長帯（例えば赤色光～近赤外光）の光が使用され、ダイクロイックミラー38の波長選択性は、光ファイバ30からの照明光L3の中で位置検出に使用される波長帯の光を反射し、検出光Mの中で焦点検出に使用する波長帯の光を透過させるような特性に設定されている。即ち、ウエハWに照射される位置検出用の光と、焦点検出用の光とは波長帯が異なり、互いに悪影響を及ぼさないようになっている。

【0046】ビームスプリッタ42で反射された焦点検出用の光は、プリズムミラー44、46、対物レンズ48及びプリズムミラー32を経てウエハW上に照射される。スリット板74は、レンズ系40及び対物レンズ48に関してウエハWの露光面とほぼ共役であり、ウエハWの露光面にスリット板74内の焦点検出用パターンの像、又はこれをデフォーカスさせた像が投影される。ウエハWの露光面で反射された光は、プリズムミラー32、対物レンズ48、プリズムミラー46、プリズムミラー44を経てビームスプリッタ42に戻り、ビームスプリッター42を透過した光がレンズ系50を経てダイクロイックミラー52に向かう。

【0047】ダイクロイックミラー52の波長選択性は、ダイクロイックミラー38とは逆に、光ファイバ30から射出された位置検出用の光を透過させ、光源70から射出された焦点検出用の光を反射させる特性を有する。従って、ダイクロイックミラー52で反射された焦点検出用の光が、像側のテレセントリック性を崩すために設けられた瞳制限用の遮光板76の外側を経てラインセンサ78上に、ウエハW上に投影された焦点検出用パターンの像（又はデフォーカスされた像）を再結像する。即ち、ウエハWの露光面とラインセンサ78の受光面とは対物レンズ48及びレンズ系50に関してほぼ共役となっている。このことからわかるように、本実施形態では、厳密に言えば、集光レンズ72、スリット板74、遮光板76及びラインセンサ78によって、焦点検

出系が構成されている。

【0048】図3には、説明をわかり易くするため、図2中のフォーカスセンサのみが取り出して示されている。なお、図3では図2中の光路折り曲げ用のミラー等は省いてある。この図3に示されるように、スリット板74中には例えば3個の焦点検出用パターン80A、80B、80C（但し、図3ではパターン80Cについては図示が省略されている）が形成され、これら焦点検出用パターン80A、80B、80Cのレンズ系40及び対物レンズ48による像81A、81B、81C（但し、図3では像81Cは図示せず）がウエハW上に投影されている。そして、像81A、81B、81Cの対物レンズ48、レンズ系50、ダイクロイックミラー52及び遮光板76を介して再結像された像82A、82B、82C（但し、図3では像82Cは図示せず）がラインセンサ78上に投影されている。

【0049】また、ウエハW上の焦点検出用パターンの像81A、81B、81Cはほぼ1直線上に配置されているため、それらのラインセンサ78上に再結像された像82A、82B、82Cは所定方向（これをU方向とする）に沿ってそれぞれ異なる位置に形成される。ここで、瞳制限用の遮光板76は、光軸AXaからU方向に下半分の領域を遮光するものである。この場合、対物レンズ48からウエハW側はテレセントリックであるが、遮光板76の作用によりレンズ系50からラインセンサ78側は非テレセントリックとなっている。そのため、ウエハWが光軸AXaに平行に（Z方向に）変位すると、ウエハW上の焦点検出用パターンの像81A、81B、81Cの位置は変化しないが（但し、像はデフォーカスされる）、ラインセンサ78上の像82A、82B、82Cの位置はU方向に位置ずれする。これを利用して、ラインセンサ78上での像のU方向への基準位置に対する横ずれ量から対応するウエハW上の計測点のZ方向の位置（フォーカス位置）が検出される。

【0050】ここで、対物レンズ48を介してアライメントセンサで検出されるウエハ上の観察視野の一例を図4を参照して説明する。図4において、円形の領域は対物レンズ48のウエハW上における観察視野84を表す。観察視野84内には3個の検出領域86A～86Cが設定されている。

【0051】検出領域86A、86B及び86Cはアライメントセンサの検出領域である。観察視野84内の矩形領域88は撮像素子68X、68Yの撮像範囲を示す。検出領域86Bは撮像素子68Xで画像解析される領域を示し、検出領域86Cは撮像素子68Yで画像解析される領域を示す。また、検出領域86Aは、ウエハWのレジストレーション（重ね合わせ）を計測するために撮像素子68X、68Yの両方で画像解析される領域を示す。

【0052】図4において、検出領域86A～86Cに

はそれぞれの領域内で検出されるウエハマークを仮想的に示す。

【0053】即ち、検出領域86BではX方向に所定ピッチで形成されたライン・アンド・スペースパターン（以下、「L/Sパターン」と呼ぶ）90Xが検出され、検出領域86CではY方向に所定ピッチで形成されたL/Sパターン90Yが検出される。更に検出領域86Aではボックス・イン・ボックス方式のウエハマーク92が検出される。ウエハマーク92は内側のボックス92bと外側のボックス92aとからなっている。

【0054】なお、L/Sパターン90X、90Y、及びマーク92はそれぞれ、例えば図5に示されるように、ウエハW上の複数のショット領域SAそれぞれの間のマーク領域MAa、MAbに形成されるものである。

【0055】因みに、レジストレーションの計測は、撮像素子68X、68Y（図2参照）それぞれの撮像信号に基づいて、外側のボックス92aの像と内側のボックス92bの像との位置ずれ量を求めることにより行われる。

【0056】図6は、観察視野84内の検出領域86A～86Cのそれぞれに投影される焦点検出用のパターン像81A～81Cを示したものである。この図6に示されるように、検出領域86A～86Cのそれぞれに投影される焦点検出用のパターン像81A～81Cは、それぞれX軸に対して45°で交差する方向に所定ピッチで形成された明暗のパターン（マルチパターン）である。

【0057】この場合、これらの像パターンはそれぞれの検出領域内で検出されるウエハマークと交差する形状であるため、焦点検出に対するマークの影響は軽減される。なお、焦点検出用のパターンは1本のスリットパターンの形状にしても良い。

【0058】図7には、図6の焦点検出用の各パターン像に対応して、ラインセンサ78（図3参照）の受光面78aに再投影される焦点検出用のパターン像82A～82Cが示されている。この図7において、ラインセンサ78の受光面78aには矢印U方向に沿って受光素子が配列され、矢印U方向に沿って焦点検出用のパターン像82A～82Cがそれぞれ異なる位置に投影される。パターン像82A～82Cはそれぞれ矢印U方向に所定ピッチで形成された明暗パターンなので、ラインセンサ78より読みだされる撮像信号をアライメント制御ユニット18（図1参照）で処理することにより、パターン像82A～82Cの矢印U方向の位置がそれぞれ求められる。

【0059】パターン像82Aの基準位置に対するU方向の位置ずれ量uAを求めることによりウエハマーク92（図4参照）が形成されたウエハW上の領域のZ方向の位置ずれ量が検出される。パターン像82Bの基準位置に対するU方向の位置ずれ量uBを求めることにより、L/Sパターン90X（図4参照）が形成されたウ

エハW上の領域のZ方向の位置ずれ量が検出される。パターン像82Cの基準位置に対するU方向の位置ずれ量 u_C を求めることにより、 L/S パターン90Y(図4参照)が形成されたウエハW上の領域のZ方向の位置ずれ量が検出される。

【0060】ここで、ラインセンサ78上における基準位置の決め方について一例を簡単に説明する。

【0061】FIA系のアライメントセンサの場合には、例えば検出領域86B内に基準マーク板FP(図1参照)の基準マークを配置して、基準マーク板FPのZ方向の位置を変化させながら基準マークを撮像素子68Xで撮像する。そして、撮像素子68Xからの撮像信号を画像解析して、基準マークの像のコントラストが最も高くなるように基準マーク板FPのZ方向の位置を決める。そこで焦点検出用のパターンの像81Bを基準マーク板FP上に投影すると共に、ラインセンサ78上にパターン像82Bを投影する。そのときのラインセンサ78上でのパターン像82Bの位置をパターン像82Bの基準位置とする。パターン像82A、82Cも同様にして基準位置を決めればよい。

【0062】なお、ラインセンサ78としては、U方向に平行に複数ラインの画素が配列された一種の2次元撮像素子を使用して、複数ラインの画素の撮像信号を加算してラインセンサ上におけるパターン像の位置を検出するようにしてもよい。また、図7のU方向に垂直な方向に集光作用を有するシリンドリカルレンズをラインセンサ78の受光面の前に配置してもよい。

【0063】そして、図3において、対物レンズ48及びレンズ系50の合成系のウエハWからラインセンサ78への倍率(横倍率)を γ とすると、図7の横ずれ量 $u_A \sim u_C$ の $1/\gamma^2$ がそれぞれウエハW上の対応するマーク形成領域の合焦位置からZ方向への位置ずれ量となる。そこで、ウエハマークの位置を検出する場合には、それぞれその位置ずれ量を0にするように、図1の試料台14の位置を調整してから、アライメントセンサで位置検出を行う。これにより、FIA系のアライメントセンサのX方向でもY方向でも、それぞれ正確に焦点合わせを行った状態で対応するウエハマークの位置を高精度に検出することが可能となる。しかも、対物レンズ48の視野内に設定された複数の検出領域(例えば86Bと86C)それぞれに同時にウエハマーク(例えば、90Xと90Y)が位置する場合には、それぞれのマークが形成されたウエハW上の領域について同時にフォーカス位置を検出できるので、ウエハマークの位置検出時間を短縮できる利点がある。

【0064】更に合焦精度を高めるには、アライメントセンサにより位置計測を行っている際にも、サーボ方式によりオートフォーカスをかけるようにしてもよい。

【0065】次に、上述のようにして構成された本実施形態に係る露光装置10における、露光を行なう際の動

作について、説明する。ここでは、例えば特開昭61-44429号等に開示されているような、ウエハW上のアライメントマーク位置の計測値とショット配列の設計値とに基づいて、最小自乗法を用いた統計演算によりウエハW上の全ショット配列座標を求め、これに基づいて各ショット領域を露光位置に位置決めするEGA方式により、ステップ・アンド・リピート方式の露光が行われる場合について説明する。

【0066】この場合、前提として不図示のレチクル顕微鏡によるレチクルアライメントは終了しているものとする。

【0067】始めに、主制御装置24では、基準マーク板FPが投影光学系PLの下に位置するように駆動系22を介してXYステージ12と一体的に試料台14を移動させ、このときのレーザ干渉計20の出力を不図示の内部メモリに記憶する。次に、主制御装置24では基準マーク板FPがプリズムミラー32の下(センサユニット16内のアライメントセンサの検出領域)に位置するように、駆動系22を介してXYステージ12と一体的に試料台14を移動し、このときのセンサユニット16内のアライメントセンサの出力とレーザ干渉計20の出力とを内部メモリに記憶する。すなわち、このようにしてベースライン計測を行う。なお、ベースライン計測のシーケンスは本実施形態においても従来の露光装置と同様であるので、その詳細な説明は省略する。

【0068】続いて、主制御装置24では、ウエハW上の予め定めた複数、例えば7ないし15個程度の特定のショット領域(サンプルショット)に付設されたアライメント用マーク(ウエハマーク)がプリズムミラー32の下(センサユニット16内のアライメントセンサの検出領域)に位置するようにレーザ干渉計20の出力をモニタしつつ駆動系22を介して試料台14を順次位置決めしつつ、レーザ干渉計20の出力とアライメントセンサの出力とに基づいて各ウエハマークの位置を順次検出するシーケンスに移行する。

【0069】この際、主制御装置24では、各ウエハマークの位置計測の都度そのマーク位置の計測に先立って、先に説明したようにしてフォーカスセンサを用いてそれぞれのマーク領域のZ方向の位置ずれ量(デフォーカス量)を検出し、この位置ずれ量が所定量を超えているか否かを判断する。そして、Z方向の位置ずれ量が所定量を超えているマーク領域については、マーク位置の検出を行わず、Z方向の位置ずれ量が所定量以内のマーク領域についてのみアライメントセンサの出力、レーザ干渉計20の出力に基づいてマーク位置の検出を実行する。このようにすれば、アライメントマークの位置検出結果が所定数(少なくとも6つ以上の所定の数)に達した段階で計測を終了することができるので、全サンプルショットについての計測を行なう場合に比べて計測時間の短縮が可能となる。

【0070】次に、主制御装置24では上述のようにして計測された、少なくとも6個のアライメントマーク位置の計測データとショット配列の設計データとを用いて、特開昭61-44429号等に詳細に開示される最小自乗法を用いた統計演算（いわゆるEGA演算）によりウエハW上の全てのショット配列座標を求める。

【0071】しかる後、主制御装置44では上記のアライメント用マーク位置の検出結果と前述したベースライン計測結果とに基づいて、各ショット領域（例えば、1ショット1チップ取りの場合は各半導体チップに相当）が投影光学系PLの下に順次位置決めされるように試料台14を位置制御すると同時に不図示の斜入射光式のフォーカスセンサからの焦点位置検出信号に基づいてオートフォーカス動作を実行しつつ、照明系IOP内の不図示のシャッタの開閉を制御して、試料台18のステッピングと露光を繰り返す。このようにして、ステップ・アンド・リピート方式でウエハW上の各ショット領域へ順次重ね合わせ露光が行われる。

【0072】これまでの説明から明らかなように、本実施形態では、前述したアライメントセンサ（30～66、68X、68Y）とアライメント制御ユニット18によりマーク位置検出手段が構成され、また前述したフォーカスセンサ（32、38～52、70～78）と試料台14と駆動系22と主制御装置24によって合焦手段が構成され、さらに主制御装置24によって演算手段が構成されている。

【0073】以上説明したように、本実施形態の露光装置10によると、アライメントセンサとフォーカスセンサとが一体化されたセンサユニット16が設けられ、アライメントセンサの検出領域（被検出マークの領域）程度の微小領域のデフォーカス量をフォーカスセンサで検出できるとともに、このフォーカスセンサの計測結果に基づいて試料台14のZ位置を調整することにより、焦点ずれのない状態（合焦状態）でアライメントセンサによりアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を検出することが可能となる。

【0074】また、各ウエハマークの位置計測に先立って、そのマーク領域のデフォーカス量を計測して、このデフォーカス量が所定量以内のマーク領域についてのみマーク位置の検出を実行するので、EGAによりウエハ上の全ショット領域の配列データを求める際に、凹凸の程度が他の部分と比べて著しく大きな領域に形成されたアライメントマーク、例えばその表面に塵等の異物が付着しているような領域に形成されたアライメントマークの位置の検出結果がショット配列の演算の基礎データに含まれないようにする（除外する）ことができ、異物の付着等がなく、デフォーカス量が所定範囲内となるアライメントマークの位置の検出結果のみがショット配列の演算の基礎データとなるので、主制御装置24により演算されたショット領域の配列は異物の付着等に起因する

誤差のない正確なものとなる。

【0075】そして、この演算されたショット領域の配列データにもとづいて、ウエハW上の各ショット領域が所定の露光位置に順次位置決めされ、レチクルパターンの像が複数のショット領域に順次露光される。従って、ウエハ表面に異物等が付着した場合にも、いわゆるダイ・バイ・ダイ方式の場合等に比べて高いスループットを維持しつつ、重ね合わせ精度を高精度に維持することが可能になる。

【0076】また、センサユニット16を構成するアライメントセンサとフォーカスセンサとが同一の対物レンズ48を共通に用いる構成であることから、当該対物レンズ48の光学特性が変化しても、その光学特性の変化による焦点検出の影響が抑制される。

【0077】また、フォーカスセンサを構成する検出系内にウエハWからの反射光を受光する際に、この反射光のテレセントリック性を崩す瞳制限用の遮光板76が設けられているので、簡単な構成で、ウエハマーク領域のZ方向の変位（デフォーカス量）を再結像された像の横ずれ量に変換して、検出することができる。

【0078】なお、上記実施形態では、スループットを重視する観点から、予め特定の複数ショット（サンプルショット）のウエハマークを検出対象として決め、この検出対象のマークについて、フォーカスセンサにより検出された焦点ずれ量が所定範囲内となった場合のみ、合焦状態でその位置検出を順次行い、その位置検出結果が所定数に達した段階で当該位置検出結果を用いてショット領域の配列を最小自乗法を用いた統計処理により演算する場合について説明したが、本発明がこれに限定されることはなく、例えば予め特定の複数ショットのウエハマークを検出対象として決め、この特定の複数ショットのウエハマークについて合焦状態で位置検出を順次行い、この中で焦点ずれ量（デフォーカス量）が所定範囲内となるマークの検出結果のみを用いてショット領域の配列を最小自乗法を用いた統計処理により演算するようにしても良い。この場合には、焦点ずれ量が所定範囲であるか否かを位置検出の際に判断する必要がないので、マーク位置検出の際の制御内容が比較的簡単になる。

【0079】また、上記実施形態のFIA系のアライメントセンサを構成する撮像素子68X、68Y（図2参照）は対物レンズ48の視野内の同一範囲を撮像し、全撮像範囲の内の異なる領域をそれぞれ画像解析するものであるが、撮像素子68X、68Yの各撮像範囲自体を異なるらせるようにしてもよい。

【0080】また、例えば図4に示される検出領域86B内のフォーカス位置のみを計測すれば良い場合には、焦点検出用パターン80B以外の焦点検出用パターン80A、80Cを不図示のシャッタにより遮光したり、焦点検出用パターン80A、80B、80C毎に照明用の光源を別に設け、これらの光源の発光を制御することに

より、特定の焦点検出用パターンのみを照明するようにしても良い。あるいはスリット板74に代えて液晶パネルを設け、この液晶パネルの所望の位置（焦点検出用パターン80A、80B、80Cのいずれかに相当する位置）のみを光透過部に設定することにより特定の焦点検出用パターンのみを発生させるようにしてもよい。

【0081】さらに、上記実施形態では、アライメントセンサとしてFIA系のアライメントセンサを用いる場合について説明したが、本発明がこれに限定されることはなく、マーク位置検出手段の検出光学系としては、LIA（Laser Interferometric Alignment）方式のアライメントセンサやLSA（Laser Step Alignment）方式のアライメントセンサを用いても良く、あるいはこれらを適宜組み合わせることで複数のアライメントセンサを同時に用いるようにしても良い。但し、例えば、FIA系とLIA系とを組み合わせることで同時に用いる場合には、図2のミラー62とリレーレンズ64との間に、LIA系を使用したときにウエハWで反射してくるレーザ光をカットする波長選択フィルタ等を配置する等の工夫が必要となる。

【0082】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に記載の発明によれば、スルーブットを高く維持出来るとともに、感光基板表面に異物等が付着した場合にも重ね合わせ精度を高精度に維持することができるという従来にない優れた効果がある。

【0083】また、請求項2に記載の発明によれば、上記効果に加え、対物光学系の結像特性が変化しても、これに影響されることなく、位置合わせ用マーク領域の焦点ずれの検出を正確に行なうことが可能となるという効果もある。

【0084】さらに、請求項3に記載の発明によれば、上記請求項1、請求項2に記載の発明の効果に加え、簡単な構成で位置合わせ用マーク領域の焦点ずれ（高さ方

向の変位）を再結像された像の横ずれに変換して検出することが可能となるという効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態に係る露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1中のセンサユニットの構成を示す斜視図である。

【図3】図2中のフォーカスセンサの構成を概略的に示す図である。

10 【図4】ウエハ上で対物レンズの視野内に設定されるアライメントセンサの検出領域を示す拡大平面図である。

【図5】位置合わせ用のマークが形成されるウエハ上の領域の一例を示す拡大図である。

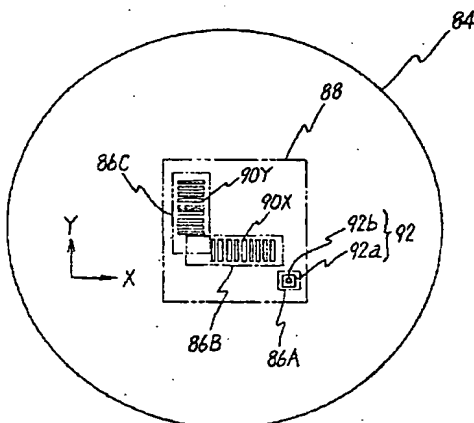
【図6】図4に示したアライメントセンサの検出領域のそれぞれに投影される焦点検出用パターンの像を示す図である。

【図7】ラインセンサ上に再結像される像を示す拡大図である。

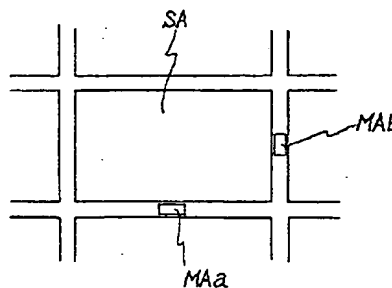
【符号の説明】

- 20 10 露光装置
- 14 試料台
- 16 センサユニット（アライメントセンサ、フォーカスセンサ）
- 18 アライメント制御ユニット
- 22 駆動系
- 24 主制御装置
- 48 対物レンズ（対物光学系）
- 78 遮光板（光学部材）
- 86B、86C 検出領域
- 30 90X、90Y FIA系用のL/Sパターン
- W ウエハ（感光基板）
- R レチクル（マスク）
- PL 投影光学系
- SA ショット領域

【図4】



【図5】



【図7】

